

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

Nome do aluno: Marcelo Teixeira da Silva

Título do Trabalho: Análise Ergonômica em
Células de Solda a Resistência

CURITIBA - PARANÁ
2013

Nome do aluno: Marcelo Teixeira da Silva

Título do Trabalho: Análise Ergonômica em
Células de Solda a Resistência

**Trabalho de Conclusão do Curso de Pós Graduação em Engenharia
da Produção apresentado à Universidade Federal do Paraná, como
Requisito Parcial para a Obtenção do Título de Especialista em
Engenharia da Produção.**

Orientador: Prof. Eliana Remor Teixeira

CURITIBA - PARANÁ

2013

**ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO EM ESTAÇÕES DE SOLDA A
RESISTÊNCIA
ERGONOMIC WORK ANALYSIS IN RESISTANCE WELDING WORK STATIONS**

Marcelo Teixeira da Silva*

* Aluno do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Paraná

marcelo_do_brasil@yahoo.com.br

Orientadora: Professora Dra. Eliana Remor Teixeira

(Rua Francisco H. dos Santos, nº. 210 - Centro Politécnico / Setor de Tecnologia - Bairro: Jardim das Américas - Curitiba-PR - CEP: 81531-980 . Engenharia de Produção, 3361-3398, coord.engprod@ufpr.br)

RESUMO

O objetivo deste estudo é avaliar a possibilidade de melhorias nas condições de trabalho em uma estação de solda a resistência na área de soldagem em uma empresa do ramo automotivo situada no estado do Paraná. Obteve-se um estudo de caso utilizando-se o método da Análise Ergonômica do Trabalho (AET). Inicialmente, realizou-se uma entrevista semiestruturada com os operadores da linha de produção, durante a qual os trabalhadores puderam elencar quais as estações mais confortáveis e as menos confortáveis para trabalhar, assim como apresentar sugestões de melhorias para os postos mais difíceis. A análise dos dados obtidos nas entrevistas apontou para uma estação que foi considerada a de maior desconforto para o trabalhador. Com o operador dessa estação mais desfavorável foram realizados estudos usando o Método da Universidade de Michigan e a análise de Eletromiografia de Superfície. Os resultados das análises, juntamente com as repostas obtidas nas entrevistas, possibilitaram destacar algumas atividades específicas durante as quais os operadores percebiam sobrecarga no trabalho, o que motivou a busca de soluções para reduzir o desconforto nesta situação de trabalho. Propostas de melhoria nessa situação de trabalho foram apresentadas no final do estudo.

Palavras chaves: Ergonomia, Soldagem, Indústria automotiva.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the possibility of improvements in the working conditions in a resistance welding station in the welding area in an automotive company located in the state of Paraná. It was obtained as a case study using the method of Ergonomic Work Analysis (EWA). Initially, there was performed a semistructured interview with the operators of the production line, during which workers could outline what the stations were more comfortable and less comfortable to work as well as make suggestions for improvements to the toughest jobs. The analysis of the data obtained in the interviews pointed to a station that was considered the most discomfort for the worker. With the operator of this station, more unfavorable, studies were performed using the method of analysis of Michigan University and Surface Electromyography. The results of the analyzes, along with the responses obtained in the interviews, allowed to highlight some specific activities for which operators perceived work overload, which motivated the search for solutions to reduce discomfort in this situation of work. Proposals for improving this situation of work were presented at the end of the study.

Key words: Ergonomics, Welding, Automotive industry.

Introdução

A Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema. Os ergonomistas contribuem para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas (ABERGO, 2000).

A soldagem é, por si própria, uma atividade exigente, que requer uma operação segura, concentração total sobre o exercício do trabalho e sobre a rotina a ser seguida o que exige do trabalhador bastante habilidade. Os princípios de ergonomia, aplicados em soldagem, levam à melhoria da performance, eficiência econômica, produtividade e uma atividade desenvolvida sob condições de garantia de qualidade (POPESCU, 2010).

A área de produção de peças soldadas é um local onde existe uma grande variedade de equipamentos manuais. Estes equipamentos possuem características

de robustez que os tornam excessivamente pesados e algumas vezes desconfortáveis para serem manuseados. As causas do desconforto variam, seja devido a utilização destes equipamentos de modo incorreto pelo operador, instalação inadequada do equipamento, concepção inadequada de projeto da máquina ou da estação de trabalho, dimensionamento inadequado do posto de trabalho, distribuição desbalanceada das tarefas, dificuldade de acesso aos pontos a serem soldados, leiaute inadequado e outros.

Essas inadequações ergonômicas podem resultar em distúrbios musculoesqueléticos, doenças devido aos movimentos repetitivos, baixa qualidade e produtividade, insatisfação do trabalhador, absenteísmo e aumento dos custos médicos (POPESCU, 2010).

O presente estudo tem como objetivo é avaliar a possibilidade de melhorias nas condições de trabalho em uma estação de solda a resistência na área de soldagem em uma empresa do ramo automotivo situada no estado do Paraná.

Devido ao grau de complexidade técnica que envolve a análise do processo de solda ponto, devido à quantidade de máquinas e processos existentes na planta e devido ao tempo que se tinha para a execução desta pesquisa escolheu-se a estação menos confortável para que fosse feito um estudo mais aprofundado.

Com base nos problemas citados pelos operadores, optou-se por fazer um aprofundamento para conhecer as características desta estação e também alguns estudos como a análise de tridimensional da Universidade de Michigan e a eletromiografia de superfície. O método de Michigan *Static Strength Prediction Program* (3DSSPP) foi aplicado considerando a posição onde se tinha mais dificuldade para trabalhar. A eletromiografia de superfície (EMG de superfície) foi realizada em um operador e a análise foi executada no momento em que se soldavam os pontos considerados mais difíceis de realizar.

Ao final deste estudo de caso conclui-se que se pode utilizar as ferramentas de análise ergonômica com sucesso no problema de utilização de pinças de solda e que aspectos relacionados as características da estação estudada e o possível aumento de demanda de produção torna esta pesquisa viável.

Revisão da Literatura

Ergonomia pode ser definida como o trabalho Inter-profissional que, baseado num conjunto de ciências e tecnologias, procura o ajuste mútuo entre o ser humano

e seu ambiente de trabalho de forma confortável, produtiva e segura, basicamente procurando adaptar o trabalho as pessoas (COUTO, 2002). O processo de trabalho de soldagem por resistência ainda não é tão explorado para a ergonomia. O pesquisador identificou uma lacuna na literatura a este respeito. Percebe-se existir grande quantidade de informações fornecidas por fabricantes em folders e catálogos de máquinas, porém estas informações são, geralmente, carregadas de atributos comerciais o que poderia levar a conclusões equivocadas a este respeito.

Branco (2004) define máquina de solda a resistência como sendo o equipamento utilizado para realizar os pontos de solda. Essa máquina pode ser estacionária ou suspensa, também chamada de pinça de solda. A forma construtiva dos dois tipos de máquinas de solda é diferente, porém, o funcionamento é semelhante e obedecem aos mesmos padrões de regulação.

Metodologia

Realizou-se uma revisão da literatura sobre a solda a resistência e Ergonomia, relevantes para a execução desta pesquisa e de fontes cuja validade já foi testada em outros trabalhos de importância científica.

Foi realizada a análise ergonômica do trabalho (AET) segundo Guérin et al (2001). Inicialmente realizou-se observação direta e conversou-se com os trabalhadores envolvidos obtendo-se anuência em relação à participação na pesquisa. Executou-se entrevista semiestruturada com uma tabela para classificar as estações mais e menos confortáveis sob o ponto de vista do trabalhador, o método 3DSSPP da Universidade de Michigan e a EMG de superfície.

A utilização de técnica de entrevistas com questionários semiestruturados é uma prática usual entre as ciências humanas. Para a obtenção de dados objetivos, a análise indutiva de dados estatísticos é um método clássico e consagrado nas ciências humanas, que consiste em fazer inferências de dados quantitativos como os obtidos em entrevistas com questionários fechados e / ou análise de dados secundários obtidos de recenseamento. Essa técnica tem se mostrado bastante eficiente na obtenção de informações quantitativas de cunho mais geral (DINIZ et al, 2011).

No caso deste estudo foram avaliadas somente as estações que utilizam as pinças de solda suspensas. Estas pinças apresentam peso aproximado entre setenta quilogramas e cento e trinta e cinco quilogramas e são sustentadas por

balancins de mola, ou seja, não é o operador quem deve suportar o peso do equipamento. A avaliação da situação de cada máquina é realizada inicialmente através de uma entrevista semiestruturada usando-se como apoio um questionário que foi elaborado com o auxílio de um profissional médico com experiência na realização de análises ergonômicas.

As entrevistas foram realizadas com os operadores considerados mais experientes na linha de produção. Consideram-se mais experientes os operadores que já trabalharam em todas as estações da linha. Neste caso, foram entrevistados cinco operadores em um total de vinte. Um questionário foi estruturado de modo que se pudessem elencar as cinco estações mais confortáveis de se trabalhar e quais seriam as cinco mais desconfortáveis. Ao final da entrevista ainda foi perguntado ao operador se o mesmo estaria disposto a colaborar com o pesquisador caso houvesse necessidade de rever alguma questão relevante registrada no questionário e, por último, foi anotado o nome e data em que a entrevista foi realizada a fim de que se pudesse rastrear. O modelo que foi aplicado aos operadores durante a entrevista está contido no apêndice A deste trabalho.

A utilização de um questionário semiestruturado em uma entrevista conseguiu, neste trabalho, direcionar o pesquisador para a estação que apresentava maior número de problemas, porém para avaliar estes problemas foi necessário fazer uso de um método quantitativo com base no conhecimento da biomecânica.

Como exemplo de ferramenta de análise Biomecânica destaca-se o método tridimensional da Universidade de Michigan. O Modelo 3DSSPP permite a análise de esforços, utilizando informações obtidas com dinamômetros e avaliação do peso da carga, dá como resultado o valor da força de compressão nos discos intervertebrais da região lombossacra, interpretação do valor encontrado, se está dentro do permitido, na faixa de ação administrativa ou acima dos limites máximos tolerados, informação quanto ao impacto daquela tarefa sobre as articulações dos punhos, cotovelos, ombros, lombossacra, quadris, joelhos e tornozelos, informação quanto à sobrecarga para os músculos da coluna informação da porcentagem de trabalhadores capazes de realizar aquele esforço sem sobrecarga. Além disso, o modelo permite ao analista estudar o impacto de medidas de engenharia sobre o posto de trabalho, antes da instituição das mesmas. O modelo permite a análise de esforços de levantamento de cargas, de empurrar carrinhos e containers, de puxar e

empurrar paleteiras manuais, de abrir e fechar válvulas e uma série de outros esforços comuns no trabalho (COUTO, 2012).

Para a execução da análise biomecânica o pesquisador aplicou o Modelo Tridimensional da Universidade de Michigan *Tridimensional Static Strength Prediction Program* (3DSSPP) naquela que foi considerada a postura de maior dificuldade na execução da atividade pelo operador.

Para definir todos os ângulos e posições necessárias ao banco de dados do modelo 3DSSPP utilizou-se o recurso de fotografia durante a execução da atividade o que permitiu avaliar a sobrecarga física. A Figura 1 ilustra a postura adotada pelo operador durante a atividade de soldagem.

Figura 1 – Foto retirada do operador e editada na postura de interesse



Fonte: autoria própria

Na Figura 1, as linhas representativas dos eixos principais do operador fotografado na postura de interesse permitiram encontrar os ângulos para carregar o banco de dados do modelo 3DSSPP.

Foi considerada uma carga de treze quilogramas aplicada a cada braço do operador para que se pudesse concluir a análise a partir do simulador.

Para uma análise precisa sobre os grupos musculares afetados na execução das tarefas de soldagem na estação de interesse recorreu-se a EMG de superfície.

A EMG de superfície é um método não invasivo de avaliação da função muscular que compreende a somatória dos potenciais elétricos oriundos de unidades motoras ativas, detectados por meio de eletrodos posicionados na pele (FARINA, 2004).

Existem dois tipos de eletromiógrafos: de agulha e de superfície. Em pesquisa ergonômica, somente utilizamos o eletromiógrafo de superfície, em que os eletrodos são posicionados sobre o músculo a ser estudado, e à medida que o músculo entra em atividade, o registro se altera. E dentro de determinados limites, quanto maior for o grau de atividade muscular, maior será o potencial elétrico encontrado (Couto, 1995).

Segundo Couto (2007) os resultados obtidos através da EMG de superfície permitem classificar as atividades em relação as suas criticidades como sendo: seguro, improvável (IMP), no limite, risco e alto risco.

1) SEGURO

- Atividades não-rotineiras: até 50% da força máxima apresentada.
- Atividades rotineiras: até 33% da força máxima apresentada.

2) IMPROVÁVEL (IMP)

- Atividades não-rotineiras: entre 50 e 80% da força máxima apresentada.
- Atividades rotineiras: entre 34 e 50% da força máxima apresentada.

3) NO LIMITE

- Atividades não-rotineiras: entre 81 e 100% da força máxima apresentada.
- Atividades rotineiras: até 50% da força máxima apresentada.

4) RISCO

- Atividades não-rotineiras: acima de 100% da força máxima apresentada.
- Atividades rotineiras: entre 50% e 80% da força máxima apresentada.

5) ALTO RISCO

- Atividades não rotineiras: acima de 150% da força máxima apresentada (somente são possíveis envolvendo outros grupos musculares).
- Atividades rotineiras: acima de 80% da força máxima apresentada (somente são possíveis envolvendo outros grupos musculares).

Considerando os conceitos propostos pelo NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), são de risco os movimentos que acontecem em uma frequência acima de mil vezes na jornada, quando associados à força. Caso além da força haja outros fatores críticos, esse número pode ser ainda menor (COUTO, 2007).

A EMG de superfície foi realizada no mesmo operador, na mesma estação e na mesma postura de interesse. Para tanto, foi utilizado um eletromiógrafo de dois canais, modelo AT53EMG da marca Autogenic Systems e número de série 53-474.

Os eletrodos foram colados nos braços do trabalhador de modo que se pudessem avaliar os músculos extensores do carpo direito e esquerdo

Somente após a calibração do instrumento é que se iniciaram as medições com o operador trabalhando e os dados referentes aos pontos de interesse foram coletados.

Após todas estas análises serem realizadas o pesquisador chegou aos resultados que serão apresentados no capítulo a seguir.

Resultados

A compilação das respostas dadas nas entrevistas resultou como sendo o posto menos confortável a estação de pré-montagem e montagem das laterais. Nesta estação as reclamações mais recorrentes, apontadas pelos operadores, foram sete:

- 1) Pinça excessivamente pesada;
- 2) Posição dificultosa para a realização de alguns pontos de solda;
- 3) Esforço excessivo para levar a pinça até o local da solda;
- 4) Necessidade de sustentar a pinça para executar alguns pontos;
- 5) Espaço apertado;
- 6) Dificuldade para girar a pinça;
- 7) Postura de trabalho desfavorável.

Cabe salientar que, apesar dos problemas apontados pelos operadores, não existem queixas junto ao departamento médico em relação a esta estação.

O volume de produção atual é de trinta e duas peças por dia em três turnos e tem-se a informação que é esperado um aumento de demanda para os próximos meses, porém não se tem os números exatos.

A entrevista permitiu ao pesquisador compilar os dados em uma planilha para que se pudessem classificar as estações de modo a identificar qual seria a melhor e a pior situação. A Tabela 1 contém a parte dos resultados referentes às estações com maior conforto segundo os operadores. A operação mais confortável é a da primeira coluna à esquerda e o grau de dificuldade aumenta à medida que se desloca para a direita na Tabela1.

Tabela 1 – Compilação dos dados das estações consideradas mais agradáveis de trabalhar segundo percepção dos operadores

<i>operador</i>	<i>Operação mais confortável-----→Operação menos confortável</i>				
Operador 1	Teto	Respot	Assoalho Central	Frontal	Longarina
Operador 2	Teto	Respot	Respot	Assoalho lateral	Assoalho lateral
Operador 3	Portas PI-013	Teto	Respot	Assoalho lateral	Pré - montagem Painel Traseiro
Operador 4	Teto	Respot	Painel traseiro	Pre-montagem painel traseiro	Pre-montagem do painel traseiro
Operador 5	Assoalho Central	Teto	Longarina	Portas	Painel Traseiro

Fonte: autoria própria

A Tabela 1 mostra que a estação do Teto é a mais confortável segundo a opinião de três dos cinco operadores entrevistados.

A Tabela 2 mostra os dados das estações mais difíceis segundo a percepção dos operadores.

Tabela 2 – Estações consideradas mais difíceis de trabalhar segundo a percepção dos operadores

Operador	Operação mais difícil -- motivo	Melhoria sugerida
Operador 1	Mais difícil: Lateral Direita -- Necessidade de esticar o cabo da pinça para alcançar os pontos, tendo que fazer muito esforço.	Aproximar o dispositivo de solda
	2º - Lateral Esquerda-- Esforço ao esticar cabo da pinça para alcançar pontos	Aproximar o dispositivo de solda
Operador 2	Mais difícil: Lateral Direita -- Necessidade de esticar o cabo da pinça para alcançar os pontos, tendo que fazer muito esforço.	Automatizar
	2º - Lateral Esquerda – Esforço ao esticar cabo da pinça para alcançar pontos	Automatizar
	3º - Estação 200 – Acesso ruim	Alterar posição de torres
Operador 3	Mais difícil : Estação 200 -- Dispositivo com pouco espaço; sem pega na pinça	Melhorar acesso no dispositivo;
	2º - Assoalho lateral -- Tem que se curvar para soldar no dispositivo	Levantar Dispositivo;
	3º - Lateral Direita -- Posicionamento de trabalho	Encontrar outra forma de soldar;
	4º - Lateral Esquerda -- Posicionamento de trabalho	Encontrar outra forma de soldar;
	5º - Estação 200 -- falhas de solda, necessidade de resetar painel.	Eliminar as falhas
Operador 4	Mais difícil - Estação 200 -- Pinça muito pesada/muito grande dificultando o acesso	Pinça mais leve
	2º - Lateral Esquerda-- Esforço ao esticar cabo da pinça para alcançar pontos	Pinça mais leve
	3º - Lateral Direita -- Posição de alguns pontos de difícil acesso	Pinça mais leve
Operador 5	Mais difícil: Lateral Direita -- Posição de solda é difícil	Tornar o ambiente mais espaçoso
	2º - Lateral Esquerda-- Esforço ao esticar cabo da pinça para alcançar pontos	Tornar o ambiente mais espaçoso
	3º - Estação 200 -- Dificuldade em alcançar os pontos devido aos obstáculos	Transferir ptos p/ prox. estação

Fonte: autoria própria

Observação: a ordem em que aparece cada estação na Tabela 2 indica o grau de desconforto, sendo a primeira a mais desconfortável e a última a menos desconfortável.

Três dos cinco operadores referiram-se à Lateral direita como sendo a estação mais difícil, ou desconfortável, para trabalhar conforme se observa na Tabela 2 o que caracterizou a demanda da pesquisa.

A Lateral direita é composta de duas pinças de solda sendo uma modelo X, cujo peso é de cento e trinta e cinco quilogramas e uma pinça C de setenta e cinco quilogramas. A pinça modelo X executa cento e cinquenta e cinco pontos de solda e a pinça modelo C, cento e cinco pontos. Além das duas pinças, a estação conta com dois dispositivos de solda sendo um para a pré-montagem do subconjunto e outro para a montagem. A transferência do subconjunto soldado do dispositivo de pré-montagem para o dispositivo de montagem é realizada com o auxílio de uma talha elétrica presa a uma estrutura de trilhos KBK.

Observou-se que as tarefas prescritas para o operador desta estação são:

- a) pegar peças no rack;
- b) levar peças até o dispositivo de solda;
- c) montar peças no dispositivo;
- d) fechar grampos;
- e) aplicar cola na junção da lateral;
- f) pegar pinça modelo X;
- g) soldar com a pinça modelo X;
- h) levar pinça modelo X no suporte;
- i) pegar pinça modelo C;
- j) soldar com pinça modelo C;
- k) levar pinça modelo C no suporte;
- l) abrir grampos;
- m) transferir pré-montagem com talha elétrica;
- n) fazer a junção de pré-montagem e montagem;
- o) pegar pinça modelo X;
- p) soldar com a pinça modelo X;
- q) levar pinça modelo X no suporte;
- r) pegar pinça modelo C;
- s) soldar com pinça modelo C;

- t) levar pinça modelo C no suporte;
- u) levar conjunto soldado até a próxima estação.

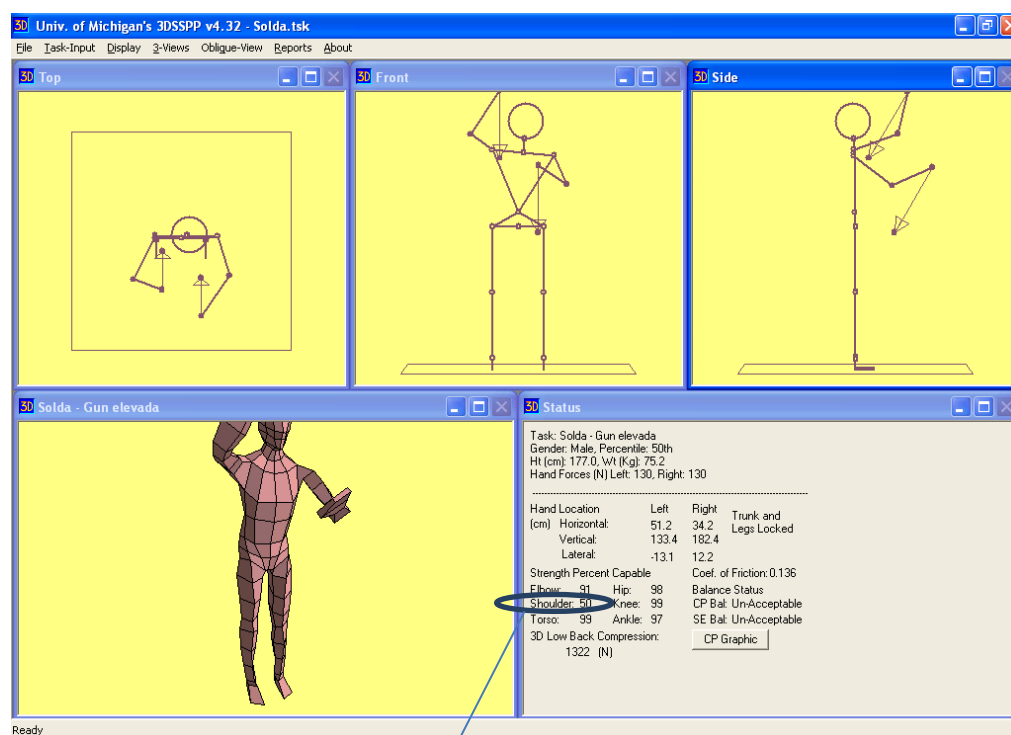
Pôde-se evidenciar através de filmagens e observação que as tarefas prescritas coincidem com o trabalho que é realmente executado pelo trabalhador nesta estação.

O tempo para a execução de todas estas atividades é em média de catorze a dezessete minutos. O tempo em que o operador está soldando efetivamente é de seis a sete minutos.

De posse das informações obtidas através das entrevistas prosseguiu-se o estudo fazendo-se uso do modelo 3DSSPP.

A imagem gerada pelo modelo 3DSSPP é mostrada na Figura 2.

Figura 2 – Imagem gerada pelo Software 3DSSPP após a inserção dos dados dos ângulos e carregamentos para trabalhador soldando na estação Lateral Direita - soleira



Fonte: autoria própria

Shoulder 50

A Figura 2 mostra a imagem gerada pelo modelo 3DSSPP após terem sido definidos os ângulos e a carga. É possível ver o modelo gerado em duas dimensões,

com as setas indicando a direção do carregamento, e também a imagem do modelo em três dimensões.

O resultado do Michigan mostrou problemas no ombro para a execução dos pontos de solda da soleira. A soleira é uma peça que fica na parte inferior do conjunto soldado entre a coluna A e o assoalho. Esta análise através do modelo 3DSSPP evidenciou sobrecarga no ombro. O detalhe ampliado na Figura 2 indica que apenas cinquenta por cento dos indivíduos são capazes de executar esta operação de maneira confortável e segura.

Para a mesma estação onde foi realizada a análise através do modelo 3DSSPP realizou-se a EMG de Superfície.

Uma calibração prévia do aparelho de medição foi realizada para que se pudesse avaliar o potencial médio evocado durante a execução de cada esforço conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Calibração do Eletromiógrafo

FORÇA	POTENCIAL ELÉTRICO EVOCADO (mv)							
	Extensor Direito				Extensor Esquerdo			
	MÉD	MAX	DP	MA	MÉD	MAX	DP	MA
5 kg	79,3	92,1	6,69	80	63,8	74,4	6,49	64
10 kg	127	145	9,21	128	124	141	7,91	125
15 kg	158	185	16,5	160	198	248	26,3	201
20 kg	147	192	20,8	150	175	228	24	178
25 kg	197	236	18,9	199	167	167	44,8	179
30 kg	221	263	18,5	223	206	255	37,8	213
50 kg (D) 38 kg (E)	356	413	34,6	359	264	397	63,7	279

Fonte: autoria própria

Conforme é possível verificar na Tabela 3 a calibração foi realizada para cargas de cinco quilogramas até trinta quilogramas aumentando-se de cinco em cinco quilogramas e a medição de um valor máximo, no caso cinquenta quilogramas para o membro do lado direito e trinta e oito quilogramas para o lado esquerdo.

A Tabela 4 mostra os resultados gerados pela análise da eletromiografia de superfície sobre o operador executando os pontos da soleira na lateral direita.

Tabela 4 – Resultados gerados pela análise da EMG de superfície sobre o trabalhador durante a execução da atividade soleira - lateral direita

AVALIAÇÕES	EXTENSORES DO CARPO (DIR e ESQ)			
	Aval. 1		Aval. 2	
	D	E	D	E
Média	89	128	104	116,0
Valor Máximo	271	775	385	507,0
Valor Mínimo	1,18	7,36	37,8	10,6
Desvio Padrão	46	118	55,5	90,1
Média Ajustada	113	237	134	186
Média Final	Direito:	123	Esquerdo:	211
% do torque max	34%		76%	

Fonte: autoria própria

A Tabela 4 mostra um esforço de trinta e quatro por cento de torque máximo para o lado direito e de setenta e seis por cento para o lado esquerdo. Com base nos valores de referência propostos tem-se que a atividade é Segura para o lado direito e o risco é Improvável para o lado esquerdo. Estes foram os esforços mais intensos encontrados através da análise de eletromiografia de superfície.

A Tabela 5 mostra os resultados gerados pela análise da eletromiografia de superfície sobre o operador executando os pontos do bonezinho na lateral direita.

Tabela 5 - Resultados gerados pela análise da EMG de superfície sobre o trabalhador durante a execução da atividade bonezinho - lateral direita

AVALIAÇÕES	EXTENSORES DO CARPO (DIR e ESQ)			
	Aval. 1		Aval. 2	
	D	E	D	E
Média	112	104	89,8	116,0
Valor Máximo	322	174	200	448,0
Valor Mínimo	3,15	17,7	3,54	16,5
Desvio Padrão (DP)	48,4	87,4	33	102,0
Média Ajustada (MA)	133	177	102	206
Média Final	Direito:	117	Esquerdo:	192
% do torque max	33%		69%	

Fonte: autoria própria

A Tabela 5 mostra um esforço de trinta e três por cento de torque máximo para o lado direito e de sessenta e nove por cento para o lado esquerdo. Com base nos valores de referência propostos tem-se que a atividade é Segura para o lado

direito e o risco é Improvável para o lado esquerdo. A Tabela 6 mostra os resultados gerados pela análise da EMG de superfície sobre o operador executando os pontos da placa lateral na lateral direita.

Tabela 6 - EMG de superfície Lateral – placa lateral

AVALIAÇÕES	EXTENSORES DO CARPO (DIR e ESQ)			
	Aval. 1		Aval. 2	
	D	E	D	E
Média	74,9	50,5	84,3	91,8
Valor Máximo	177	102	177	374,0
Valor Mínimo	2,36	19,2	8,26	3,2
Desvio Padrão (DP)	32,2	20,4	25,9	72,4
Média Ajustada (MA)	89	59	92	149
Média Final	Direito:	91	Esquerdo:	104
% do torque max	25%		37%	

Fonte: autoria própria

A Tabela 6 mostra um esforço de vinte e cinco por cento de torque máximo para o lado direito e de trinta e sete por cento para o lado esquerdo. Com base nos valores de referência propostos tem-se que a atividade é Segura para o lado direito e, também, para o lado esquerdo.

Os valores encontrados para a Soleira (Tabela 4) e para o Bonezinho (Tabela 5) apresentam níveis de esforços cuja criticidade da atividade está classificada como Segura para o lado direito e risco improvável para o lado esquerdo. Como o número de peças produzidas nesta estação é baixo, menos de quatro por hora, não é possível afirmar que isso deva causar alguma doença para o operador. Cabe salientar que teriam que se analisar todas as tarefas que o mesmo executa ao longo de um dia de trabalho para verificar se não existem outras atividades que demandem também esforços acima do limite recomendado, porém este não é o foco deste trabalho de pesquisa.

Para a placa lateral (Tabela 6) os valores se encontram na faixa de atividade Segura já que esta operação é realizada menos do que quatro vezes por hora.

Após esta análise o pesquisador buscou no mercado alternativas para solucionar estes problemas, são elas:

- 1) Melhorar interface de manipulação da pinça de solda;
- 2) Aquisição de máquina mais adequada à execução de alguns pontos de solda;
- 3) Transferir operação de solda para próxima estação de trabalho;

- 4) Transferência de pontos da pinça X para a pinça C;
- 5) Alteração da posição dos pontos de solda;
- 6) Automação de processo;
- 7) Automação do processo através do uso de braço de robô.

A partir dos resultados das análises dos questionários, da análise de Michigan e da EMG de superfície recomendam-se melhorias para tornar a atividade de solda da lateral direita mais confortável.

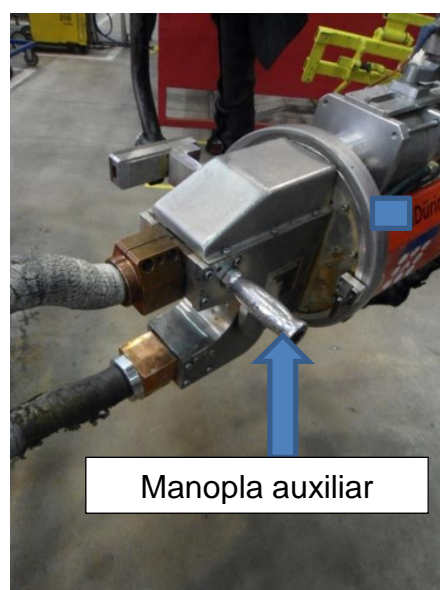
Não foi possível estabelecer neste estudo uma relação entre o resultado gerado pela análise 3DSSPP e os resultados das eletromiografias de superfície, pois seriam necessárias outras medições utilizando estes métodos.

Também não foram avaliadas questões ligadas ao *turn over* da área estudada e nem quanto tempo os operadores permanecem exercendo a mesma função de soldadores. Porém cabe salientar que uma análise completa de ergonomia deveria levar em conta todas estas questões.

As propostas de melhorias que se buscou após as análises dos dados das entrevistas, da análise 3DSSPP e da eletromiografia são apresentadas a seguir:

Para os problemas (3) Esforço excessivo para levar a pinça até o local da solda e (6) Dificuldade para girar a pinça - uma primeira alternativa seria a utilização de manoplas auxiliares para que o operador possa pegar a pinça com mais firmeza utilizando melhor a capacidade de seus membros superiores sem sobrecarregá-los. A Figura 3 mostra um exemplo de utilização destas manoplas.

Figura 3 – Pinça com manopla auxiliar



Fonte: autoria própria

Observa-se na Figura 3 a utilização de uma manopla de alumínio presa à parte frontal da pinça de solda. Vale ressaltar que este tipo de manopla facilita bastante o manuseio da máquina para acessar as regiões das peças a serem soldadas, porém sua instalação pode causar interferências com estas peças ou com partes do dispositivo que as prende o que demanda, algumas vezes, que sejam feitas adaptações e modificações no processo para possibilitar o acesso aos locais de solda. Alguns fabricantes de máquinas apresentam soluções que flexibilizam um pouco mais a instalação deste e de outros tipos de manoplas auxiliares através da inserção de furos no corpo dos equipamentos, fornecimento de acessórios que permitem alterar a posição e a quantidade de manoplas, manoplas com diferentes formatos e diferentes tipos de materiais, utilização de materiais antiderrapantes, entre outros.

Para os problemas (1) Pinça excessivamente pesada, (3) Esforço excessivo para levar a pinça até o local da solda e (6) Dificuldade para girar a pinça, verificou-se através das entrevistas que as estações consideradas mais confortáveis utilizam máquinas de fabricante diferente daquelas estações onde os operadores reclamam ter maiores dificuldade para trabalhar. A Figura 4 mostra uma dessas máquinas onde a avaliação ergonômica é mais favorável.

Figura 4 – Máquina com avaliação ergonômica mais favorável – Estação da Linha F



Fonte: autoria própria

A Figura 4 mostra uma pinça cujo tamanho é reduzido se comparado ao tamanho da máquina utilizada na estação da Lateral Direita. Outro aspecto importante que a equipe de pesquisa pôde conhecer é a facilidade de giro que se tem ao utilizar este tipo de máquina. Isso se deve à proximidade do centro de giro ao centro de massa deste modelo de máquina.

O tamanho da máquina é função da potência necessária para se executar a solda e suas dimensões dependem do local onde esta solda vai ser executada. Sabe-se que as máquinas com a tecnologia de média frequência embarcada são capazes de atingir potências maiores com dimensões reduzidas, porém o custo da utilização desta tecnologia é em torno de 20 a 30 por cento maior do que o das máquinas convencionais utilizando corrente alternada. Portanto torna-se necessária uma avaliação detalhada, realizada por especialistas, de empresas especializadas (geralmente o fabricante destas máquinas), para determinar o tipo e o modelo de máquina a ser utilizada em cada estação.

Para os problemas (1) Pinça excessivamente pesada, (2) Posição dificultosa para realização de alguns pontos de solda e (7) Postura de trabalho desfavorável, utilizando-se também de informações coletadas nas entrevistas, propõe-se que alguns pontos sejam realizados na estação seguinte, ou seja, na estação de montagem da Lateral onde o acesso aos pontos é mais fácil e poderia ser realizado com uma pinça menor já existente naquela estação. Esta solução precisa levar em conta o balanceamento de processo para que se possa atender o tempo de ciclo da linha.

Para os problemas (2) Posição dificultosa para realização de alguns pontos de solda e (7) Postura de trabalho desfavorável, outra alternativa é que alguns pontos sejam transferidos para a pinça C já existente nesta estação. Esta modificação só pode ser implementada caso sejam alteradas as posições de alguns grampos e torres do dispositivo de Pré-montagem da Lateral.

Ao analisar a postura do operador durante a execução da solda do Bonezinho, verifica-se que se poderiam soldar alguns pontos com a pinça C caso estes pontos fossem deslocados sessenta e cinco milímetros na direção X. Esta alternativa deve ser analisada pelo departamento engenharia para que se possa avaliar os impactos para o produto caso a alteração seja realizada. A Figura 7 mostra a foto que foi tirada para avaliação desta possibilidade.

Figura 7 – Deslocamento dos pontos de solda

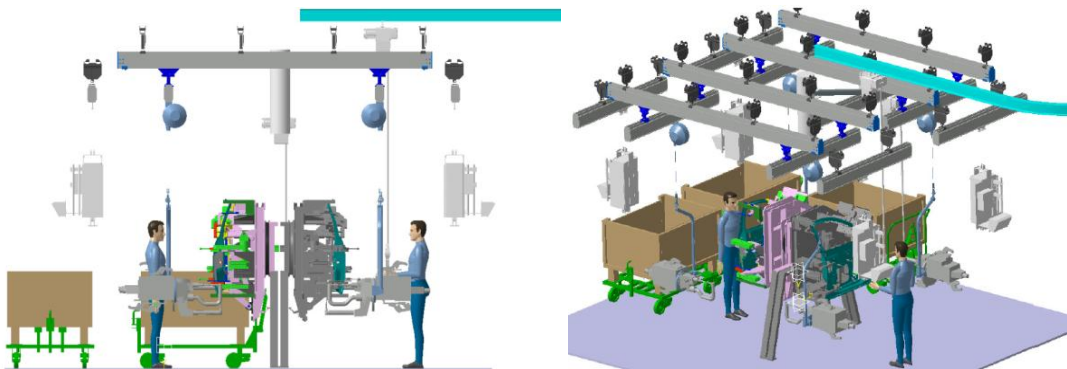


Fonte: autoria própria

As setas na Figura 7 indicam a direção para onde os pontos de solda precisam ser deslocados para que seja possível a execução da solda com a pinça C.

A automação do processo também apareceu como sugestão durante a execução das entrevistas. Pesquisou-se no mercado o que poderia ser ofertado para se resolver as questões levantadas durante a execução do trabalho de pesquisa. A Figura 8 mostra uma solução de automação proposta por um fornecedor especializado neste tipo de instalação.

Figura 8 – Proposta de automação



Fonte: autoria própria

Na Figura 8 é possível verificar que a proposta do fornecedor contempla a utilização de um dispositivo vertical automático no qual de um lado se executam os pontos de solda da pré-montagem e do outro lado se fazem os pontos da

montagem. Isso resolveria o problema de espaço mencionado por alguns operadores. Esta proposta contempla também a utilização de quatro máquinas ao invés de duas o que permitiria uma melhor distribuição dos pontos evitando a necessidade de se ter que fazer tantas manobras com cada máquina. Todos os sete problemas levantados pelos trabalhadores estão contemplados nesta proposta, porém o custo para implantação é alto. Como sugestão será estudada a possibilidade de utilização de automatização com robô.

Conclusão

Apesar de não existir queixas no departamento médico referente a esta estação, mesmo sabendo que já existe rodízio implementado em toda a área de produção de cabines, porém considerando um cenário futuro de aumento de produção devido ao aumento de demanda, o presente estudo permitiu apresentar sugestões de melhorias na situação de trabalho para reduzir o desconforto do trabalhador na realização da atividade, conforme discutido no item resultados deste trabalho.

Devido ao alto custo para uma automação deste processo, está sendo investigada no mercado também uma proposta para automatização com robô. Neste caso poder-se-ia juntar os processos da lateral direita e esquerda e, também, montagem e pré-montagem. Pode-se também avaliar a possibilidade de aumento de produção no caso de aumento de demanda e substituição de parte da mão de obra, hoje de seis operadores para três em tempo parcial, a fim de se viabilizar este projeto. Esta proposta está em andamento.

Com as alternativas de soluções propostas foi possível abordar todos os sete problemas levantados pelos operadores, o que mostra que com o uso de uma metodologia baseada em conhecimentos científicos e uso de técnicas de análise ergonômicas é possível melhorar também as condições de trabalho para os operadores que utilizam pinças de solda a ponto.

Apêndice A

Entrevista semiestruturada sobre a situação de trabalho dos soldadores

Estamos em processo de análise da ergonomia das pinças. Gostaria que você respondesse e detalhasse o melhor possível as questões abaixo:

1-Identifique as 5 estações que você considera mais fáceis e confortáveis .

1)	
2)	
3)	
4)	
5)	

1- Identifique as 5 estações que você considera as mais difíceis e desconfortáveis.

Operação difícil	Motivo	Melhoria sugerida
1)		
2)		
3)		
4)		
5)		

2- Você estaria disposto a detalhar para o pesquisador as questões por você levantadas?

Nome:

data:

hora:

Referencias Bibilogáficas

ABERGO. **Associação Brasileira de Ergonomia. A disciplina Ergonomia.** 2013. Rio de Janeiro. Disponível em < http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia> Acesso em 08 de março de 2013.

BRANCO, H. L. O. **Avaliação de capas de eletrodos utilizadas na soldagem por resistência de chapas galvanizadas automotivas.** 2004. 113f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná, Paraná. 2004.

COUTO, H. A. **Como implantar ergonomia na empresa: a prática dos comitês de ergonomia.** Belo Horizonte: Ergo Editora, 2002.

COUTO, H. A. **Curso Modelo Biomecânico de Predição de Esforço Estático Tridimensional da Universidade de Michigan (3DSSPP) – Como Usar.** 2012. Belo horizonte. Disponível em: < http://sitemaker.umich.edu/cohse/files/mala_direta_seminarios_2012.pdf> Acesso em 20 de Fevereiro de 2013.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: O manual técnico da máquina humana.** Belo Horizonte: Ergo Editora, 1995. 353 p.

COUTO, H. A. **Ergonomia Aplicada ao Trabalho – Conteúdo Básico: Guia Prático.** Belo Horizonte: Ergo Editora, 2007.

DINIZ, M.T.M et al. **Utilização de entrevistas semi-estruturadas na gestão como técnica auxiliar.** *Scientia Plena*, Rio Grande do Norte, Volume 7, número 1, pag. 1, 2011.

FARINA, D, Merletti R, Enoka RM. **The extraction of neural strategies from the surface EMG.** *J Appl Physiol.* 2004;96(4):1486-95.

GUÉRIN, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., Kerguelen, A. **Compreender o trabalho para transformá-lo – a prática da ergonomia.** São Paulo Editora Edgard Blucher, 2001.

POPESCU, M. **Welding Ergonomics Elements.** In: Proceedings of 21st International Symposium, 1., 2010. Vienna, Austria: EU, 2010. p. 381.